

Ueber die
Härte der Mineralien

mit

besonderer Berücksichtigung der Edelsteine.

Vortrag

gehalten im Wissenschaftlichen Club in Wien,
am 28. Jänner 1895

von

Ingenieur August Rosival,

Privatdocent an der k. k. technischen Hochschule und Sectionsgeologe der k. k.
geolog. Reichsanstalt.

Wien, 1895.

Monatsblätter des Wissenschaftlichen Club
XVII. Jahrgang, Nr. 2.

kais. Rathes Prof. Dr. *Paulitschke* über den VI. internationalen Geographencongress zu London. 2. Vortrag des Hrn. Dr. *Rudolf Knoll* über: ‚Die submarinen Feinde der Schifffahrt‘.

Aus dem Vortragssaale des Club.)*

28. Jan. Herr Ingenieur A. *ROSIWAL*, Privat-Docent an der k. k. technischen Hochschule: ‚*Ueber die Härte der Mineralien, mit besonderer Berücksichtigung der Edelsteine*‘.

Im vergangenen Winter hatte ich die Ehre, in einem Vortrage eine zusammenfassende Charakteristik derjenigen Minerale zu geben, welche wir vermöge einer Reihe ihnen zukommender ausgezeichnete Eigenschaften mit dem Namen *Edelsteine* belegt haben.

Neben der Durchsichtigkeit, zumeist grosser Lichtbrechbarkeit, hohem Glanze und schöner Farbe u. s. w., ist es besonders die *Härte*, welche eine charakteristische Eigenschaft aller Edelsteine ersten Ranges bildet und diese ob ihres seltenen Vorkommens so kostbaren Naturkörper ganz wesentlich von ihren Nachahmungen unterscheidet. Es ist hier nur von jenen Nachahmungen die Rede, welche hauptsächlich die Farbe und den Glanz der echten Steine künstlichen Gläsern zu verleihen bestrebt sind, und soll von der nicht seltenen Unterschiebung irgendwie, z. B. durch Erhitzen veränderter minderwerthiger, aber natürlicher Steine für kostbarere Sorten anderer Art abgesehen werden. Andererseits bedingt die künstliche Herstellung echter Steine, also die willkürliche Hervorbringung des gleichen Stoffes, der gleichen chemischen Verbindung, wie sie die Natur in den echten Steinen geformt hat, auch die gleichen physikalischen Eigenschaften die dem betreffenden Minerale zukommen. Dann kann von einer Nachahmung keine Rede mehr sein. Wir erzeugen z. B. nach der Methode von *Frémy* u. A. Korund als Rubin mit allen Eigenschaften, die dem natürlich vorkommenden Rubin zukommen, also auch mit der grossen Härte desselben. Wenn es einmal gelingen sollte, den Diamant auf künstlichem Wege in beliebigen Mengen herzustellen, dann würde ihm von allen Eigenschaften, die ihn jetzt zum Edelstein der Edelsteine machen, blos eine einzige, zufällige, verloren gehen: die Seltenheit. Es steht zu befürchten, dass er blos aus diesem Grunde aus der Reihe der Juwelen verschwinden würde, trotz seines von keinem anderen Edelsteine

*) Diese Auszüge aus den Vorträgen sind in der Regel von den Herren Vortragenden selbst verfasst.

nur annähernd erreichten Lichtbrechungsvermögens, da der Geschmack an seinem blitzenden Lichtgeflimmer — weil es wohlfeil geworden — vermuthlich bald erlöschen würde: der Diamant wäre aus der Reihe der kostbaren in die der *nützlichen* Stoffe getreten, nützlich durch seine von keinem andern Körper erreichte Härte. Mit dieser Eigenschaft der Edelsteine soll sich nun die folgende Mittheilung befassen, welche einige Daten erläutern soll, über welche ich schon in dem Eingangs erwähnten Vortrage zu berichten Gelegenheit hatte, und welche seither durch neue Beobachtungen eine weitere Ergänzung gefunden haben.

Aus Versuchen, über deren Ursprung und Durchführungsart ich auf adernorts Gesagtes verweisen darf,*) und welche die Ermittlung der *Durchschnittshärte* einer ebenen Fläche irgend eines Mineral- und Gesteinsbruchstückes durch Abschleifen dieser Fläche bezwecken, ergaben sich zunächst neue Relationen zwischen den bisher als Massstab für die Härte der Minerale dienenden Gliedern der allbekanntesten *Mohs'schen Härtescala*.

Als Massstab für die Härte wurde nach einem von Professor *Toula* aufgestellten Principe der Gewichtsverlust gewählt, welchen der Probekörper dadurch erleidet, dass man auf einer Glas- oder Metallunterlage ein gegebenes Quantum Schleifmaterial (reiner Korund, Schmirgel, Dolomitsand) bis zur Unwirksamkeit zerreibt.

Tabelle der relativen Härte der Glieder der Mohs'schen Härtescala. (Korund = 1000.)

Härtegrad nach Mohs	Mineral	Gewichtsverluste durch 100 mg Schmirgel in Milligramm	Relative Härte
10	Diamant	—	140000
9	Korund	4.8	1000
8	Topas	22.2	194
7	Quarz	24.6	175
6	Adular	72.6	59.2
→			←
5	Apatit	539.5	8.0
4	Flussspath . . .	669.0	6.4
3	Calcit	759.1	5.8
→			←
2	Steinsalz	2165.4	2.0
1	Talk	95088.0	0.04

An den durch Pfeile markirten Stellen schaltete Breithaupt seine Zwischenstufen: Talkglimmer (2—3) und Skapolith (5—6) ein.

*) *Ueber die Härte*. Vortrag, gehalten am 15. März 1893. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, 33. Jahrgang, 1893.

Ueber eine neue Methode der Härtebestimmung durch Schleifen. Vorläufige Mittheilung im Akademischen Anzeiger Nr. XI der k. Akademie d. Wissenschaften in Wien. Sitzung der mathem.-naturwiss. Classe vom 20. April 1893.

Zur Erklärung der vorstehenden Tabelle sei bemerkt, dass die bestimmten Durchschnittshärten als Mittel mehrerer Flächenhärten genommen wurden, sowie dass ich *als Vergleichsmassstab die durchschnittliche Härte des Korunds wählte und dieselbe mit 1000 bezeichnet habe.*

Die Resultate, welche die Tabelle gibt, sind wahrhaft erstaunliche, und war mir bei der Durchführung der Versuche manche Ueberschätzung beschieden. Am auffallendsten ist zunächst der Umstand, dass die zehn *Mohs'schen* Härtestufen innerhalb so weiter Grenzen schwanken. Das erste Glied, der Talk (gepulvert ‚Federweiss‘), besitzt nur $\frac{1}{25}$ pro mille (!) der Härte des Korundes, dieser aber wird wieder in kolossalem Abstände vom Diamant um das 140fache übertroffen. Es ergibt sich also für den Härteunterschied von Glied 1 zu Glied 10 der Scala die Verhältnisszahl 1:3,500,000, d. h. der Diamant ist über 3 millionenmal härter als der Talk!

Wie verhält es sich aber mit der Härte der Edelsteine untereinander? An ihrer Spitze steht, durch einen überaus grossen Abstand, wie wir sehen, von allen anderen geschieden, der Diamant. Es bestätigten damit die obigen Versuche die alte Erfahrung der Edelsteinschleifer, denn wir finden in dem bekannten Werke von *K. E. Kluge**) die Angabe, dass ein Edelsteinschleifer zum Schleifen des grossen Diamanten am russischen Scepter ebenso viele *Jahre* für nothwendig erachtete, als zum Ueberschneiden eines gleich grossen Saphirs (blauer Korund) *Wochen* erforderlich seien, was also einem Härteverhältnisse von 52:1 gleichkommen würde. Nach der oben gegebenen Tabelle wäre selbst ein noch grösseres als das angegebene Zeitmass für den Diamanten zu gewärtigen!

Viel geringer zeigen sich die Härteunterschiede zwischen allen anderen Edelsteinen. Bis herab zum vielgestaltigen Quarz, der unter seinen zahlreichen Varietäten eine so stattliche Reihe von ‚Halbedelsteinen‘ (Bergkrystall, Rauchtopas, Citrin, Amethyst u. A.) aufweist, fallen die einzelnen Arten der Edelsteine mit wenigen Ausnahmen zwischen die Härtestufen 7 bis 9 nach Mohs, sie liegen also zwischen den Relativwerthen 175 und 1000 (Korund).

Ich muss nochmals betonen, dass damit *Durchschnittshärten* der verschiedenen Flächen eines und desselben Minerals verstanden sind. Die einzelnen Krystallflächen können beträchtlich in der Härte von einander abweichen, ge-

radeso, wie uns die mit der ritzenden Spitze des Sklerometers durchgeführten Versuche Grailich's, Prof. Exner's und Anderer längst gelehrt haben, dass auch auf *derselben* Krystallfläche die Härte nach verschiedenen Richtungen des Ritzens eine sehr verschiedene sein kann. Es spielt dabei die Anordnung der kleinsten Theilchen beim Widerstande gegen die eindringende Spitze eine ähnliche Rolle wie z. B. der sofort ins Auge fallende Structurunterschied des Holzes nach verschiedenen Richtungen gegenüber verwandten Arten der Abnützung. Der massenhafte Abfall von Spähnen bei der Verwendung der Holzbalken als ‚Bruckstreu‘ gegenüber der nur wenig fortschreitenden Abscheuerung unseres ‚Holzstöckelpflasters‘, wobei die auf den Kopf gestellten Holzwürfel mit ihrer Faserrichtung senkrecht zur Abnützungsfläche liegen, gibt ein vollständiges Analogon zur Verschiedenheit der Härtegrade eines und desselben Minerals, je nachdem *die Spaltbarkeit* desselben mit der angeschliffenen Fläche zusammenfällt oder davon abweicht. So ist es z. B. eine bekannte Erfahrungsthatfache der Diamantschleifer, dass auch die verschiedenen Krystallflächen des Diamanten einen recht abweichenden Härtegrad besitzen. In der Regel werden daher bei der Herstellung des Brillantschliffes die am wenigsten harten Oktaëderflächen, nach welchen der Diamant verhältnissmässig leicht spaltbar ist, zur Ausgangsform der Schlißflächen benutzt. Ganz besonders auffallend ist dieser Härteunterschied einzelner Krystallflächen bei einem bekannten Edelsteine, dem Topas, welcher in Säulen von rhombischem Querschnitte krystallisirt und eine sehr vollkommene Spaltbarkeit quer dazu, zur Basis, besitzt. Ich fand bei meinen Versuchen, dass die Härte auf der Spaltungsfläche des Topases auf 139, selbst nur 126 sinkt, während senkrecht dazu jene der Säulenfläche den doppelten Betrag, und zwar von 261 erreicht. Die Härte des Topases auf seiner Spaltungsfläche bleibt also noch unter jener des nächst niedrigeren Gliedes der Mohs'schen Scala, welches wegen des Mangels einer Spaltbarkeit auch weniger Schwankungen zeigt, d. i. der Quarzhärte (175), zurück. Dies erklärt auch die leichte Abnützung der aus Topas hergestellten Ringsteine, deren Spiegelfläche fast immer parallel zur Hauptspaltungsfläche geschnitten wird. Ein anderes Beispiel dieser Art bietet der Korund. Die rhomboëdrischen Spaltungsflächen desselben, welche diesem Mineral auch den Namen ‚Demantspath‘ verliehen haben, zeigen wieder eine beträchtlich

*) Handbuch der Edelsteinkunde. Leipzig 1860.

geringere Härte als die übrigen Krystallflächen, so dass die Zahl 1000, welche ich für die Durchschnittshärte gewählt habe, zum Theile unterschritten, zum Theile von einzelnen Flächen der weniger ausgeprägt spaltbaren edlen Korundarten Rubin und Saphir wesentlich übertroffen wird. Ich fand für:

Saphir vom Ural, Basis und Säulenfläche bis 1600
 Korund, gelber, Pyramidenfläche 1300
 Demantspath, Ceylon, Spaltfläche 650.

Die Härte der durch Einschlüsse anderer Minerale bedeutend weicheren unedlen Korundarten, namentlich des an Magneteisen reichen Schmirgels, sinkt noch unter den letzteren Betrag bis auf 500 und selbst 300 herab.

Eine Zusammenstellung mehrerer in jüngster Zeit auf ihre Härte untersuchter Edelsteine gibt die nachfolgende Tabelle. Es wurden aber noch nicht alle derselben in so eingehender Weise untersucht, um die folgenden Werthe auch bereits als richtige Durchschnittshärten für das betreffende Mineral hinstellen zu können. Nichtsdestoweniger lassen schon die angegebenen Versuchszahlen erkennen, dass mit Ausnahme des Chrysoberylls, der auch unter dem Namen Alexandrit als specifisch russischer Edelstein bekannt ist und des Spinells, kein anderes Mineral selbst nur an die Korundhärte heranreicht.

Vergleichende Uebersicht einiger Edelsteinhärten.

Härtestufe nach Mohs	Mineral	Schleiffläche	Härte für Korund = 1000
9	Korund	Durchschnitt	1000
8 ^{1/2}	Chrysoberyll, Marschendorf . . Alexandrit, Ural . .	Querfläche	682
		"	467
7 ^{3/4}	Spinell (Rubin-Balais)	Oktaëder	600
	Zirkon (Hyacinth) .	Durchschnitt	336
7 ^{1/2}	Beryll, Haddington .	Prisma	331
		Basis	289
7 ^{1/4}	Granat { Pyrop Almandin	Durchschnitt	231
		Oktaëder	214
8	Topas	Durchschnitt	194
7	Quarz	Durchschnitt	175
	Olivin Vesuvian	—	101
		Pyramide	73,9
6	Adular	Durchschnitt	59,2

Die Untersuchungen, aus deren Ergebnissen die eben angeführten Beispiele entnom-

men wurden, sind noch nicht abgeschlossen. Wenn ich trotzdem den Versuch wagte, auf Grund der bisher ermittelten Daten eine Art Rangordnung einiger der bekanntesten Edelsteine in Bezug auf ihre Härte zu geben, so sei dazu bemerkt, dass eine Verschiebung nahe beieinander liegender Glieder durch vervielfältigte Beobachtung nicht ausgeschlossen erscheint. Immerhin werfen die beigezeichneten Verhältnisszahlen ein neues Licht auf jene hervorragende Eigenschaft der Edelsteine, die Härte, bezüglich deren Grösse sie an der Spitze der uns bekannten Naturkörper stehen.

Das Wesen der Härte ist uns bisher mit voller Klarheit nicht bekannt, trotzdem uns die Abstufungen derselben aus dem täglichen Leben geläufig sind. Am nächsten dürfte wohl die Definition, welche Herr Rector Prof. Kick von der Härte gab, der Wahrheit kommen. Sie lautet: *Härte ist Scheerfestigkeit*. Bei der Schwierigkeit der Durchführung solcher Versuche, welche die Härte durch ein absolutes Mass auszudrücken bezwecken, müssen wir uns vorläufig mit Relativwerthen, wie die oben ermittelten es sind, begnügen. Sie dienen zunächst praktischen Fragen, über die ich vielleicht bei anderer Gelegenheit des Näheren Mittheilung zu machen Gelegenheit haben werde, und erfüllen ihren Zweck geradeso wie bei der Messung der Lichtintensitäten das empirische Mass der ‚Normalkerze‘, mit welchem wir uns längst befreundet haben.

Zum Schlusse möchte ich mir erlauben, nochmals auf die grosse Lücke zwischen den beiden letzten Gliedern der Mohs'schen Härtescala hinzuweisen und dabei eine der eben erwähnten praktischen Fragen zu streifen.

Es ist bekannt, dass diejenigen Diamanten, welche wegen ihrer durch zahlreiche mikroskopische Einschlüsse (Rutil, Eisenerze, kohlige Substanz) bewirkten Undurchsichtigkeit zu Schmucksteinen untauglich sind, als Schleif- und Polirmittel in den Diamant- und Edelsteinschleifereien, aber auch zum Besatze von Gesteinsbohrern und -Schneidemaschinen, zu Drehstählen, Metallsägen u. s. w. eine ausgedehnte Verwendung finden. Die Glaserdiamanten sind ebenfalls solche minderwerthige Krystalle. Der technischen Verwendbarkeit des Diamanten infolge seiner Härte stünde somit ein weites Feld offen, wenn die Ergiebigkeit seiner Fundstätten dem Massenbedarf der heutigen Industrie genügen könnte. Gegenwärtig sind wir in der Metall- und Steinindustrie noch auf das alleinige Schleif- und Polirmittel des Schmirgels angewiesen, dessen beste Sorten von der Insel Naxos, wie ich

gelegentlich einer für die griechische Regierung durchgeführten Untersuchung zu ermitteln Gelegenheit hatte, allerdings bis zur Härte von 823 hinanreichen.

Bietet uns die Natur sonach kein die Härte des Diamanten annähernd erreichendes Mineral, so ist es der Chemie durch Wöhler und Deville schon vor längerer Zeit (1857) geglückt, in der krystallisirten Modification des Elementes Bor einen Körper zu finden, dessen Härte Manche noch über jene des Diamanten gestellt haben. Ich untersuchte eine Probe solcher Bordiamanten, welche auch durch ihren hohen Glanz und das grosse Lichtbrechungsvermögen diesem Namen entsprechen, in ähnlicher Weise, wie die Verhältnisszahl der Korund- zur Diamanthärte gefunden wurde, dadurch, dass die an einer und derselben Mineralplatte durch dieselbe Gewichtsmenge gleich grosser Bor- und Korundsplitter erzielten Substanzverluste ins Verhältniss gesetzt wurden. So fand ich für die Härte des mir vorliegenden krystallisirten Bors die Zahl 9158. Dieser Werth dürfte indessen durch andere Proben noch wesentlich überschritten werden, da manche Borkrystalle den Diamanten zu ritzen vermögen. Die Unterschiede beruhen auf wechselnden geringen Beimengungen der Elemente Kohlenstoff, Aluminium und Silicium.

Die Verwendbarkeit dieses so überaus viel härteren Materials, als es die Schmirgelsorten sind, zu Schleifzwecken wurde erschwert durch die zu hohen Herstellungskosten desselben.

In neuester Zeit wurde durch die Pennsylvania Carborundum Company ein Product auf den Markt gebracht, das den Bordiamanten in vieler Beziehung ähnlich ist. Es ist Kohlenstoffsilicium (C Si), ‚Carborundum‘ genannt, welches dadurch erhalten wird, dass man eine Mischung aus Coks, Quarzsand und etwas Kochsalz durch mehrere Stunden der Hitze des elektrischen Lichtbogens aussetzt.*)

An den Kohlenspitzen bilden sich kleine blaugrüne Kryställchen von tafelförmigem Habitus (viele Rhomboëder mit vorwaltender Basisfläche), deren sehr hoher Brechungsexponent nach den Untersuchungen Prof. Becke's in Prag sogar jenen des Diamanten übersteigt ($n = 2.786$ für Na = Licht; Diamant: $n = 2.42$).

Die Härte dieses in Benatek bei Prag fabrikmässig hergestellten Körpers ist als

eine gegenüber anderen Schleifmitteln ausserordentlich hohe zu bezeichnen. Sie übertrifft jene des reinen Korunds um das vierfache, und es ist zweifellos, dass man im Carborundum gegenwärtig den dritthärtesten Körper vor sich hat. Eine vergleichende Uebersicht über einige der härtesten Körper gestaltet sich daher in abgerundeten Werthen folgendermassen:

Rangordnung der härtesten Körper.

1. Diamant	140.000
2. Krystallisirtes Bor	10.000
3. Kohlenstoffsilicium	4000
4. Saphir	1600
5. Korund (Durchschnitt)	1000
6. Schmirgel, beste Sorte	800
7. Chrysoberyll	680
8. Spinell	600
9. Beryll	310
10. Granat	220
11. Topas	200
12. Quarz	175

7. Nov. Herr Prof. Dr. CARL VON LÜTZOW: *‚Künstlerische Wandlungen in Deutschland‘.*

In Analogie mit einem Vortrage Herm. Sudermann's über die moderne deutsche Literatur liess Prof. Dr. v. Lützwow die neuen Regungen im Gebiete der bildenden Künste Deutschlands Revue passiren und constatirte auf allen Gebieten den gleichen Ernst und die gleiche Energie, wie sie das Schaffen der jungen Poetenschule kundgibt.

In der Baukunst ist die Nachahmung der Stile der Vergangenheit dem Streben gewichen, die Baugestaltung als ein Ergebnis innerer Nothwendigkeit aus dem Zweckbegriff zu entwickeln. Der Kirchenbau mit seiner centralisirenden Tendenz, die grossen kuppelgekrönten Palastbauten (Reichstag, Reichsgericht), der organisch gegliederte Theaterbau nach Semper's Typus, das Hallensystem der Verkehrsbauten (Bahnhof in Frankfurt a. M.), endlich der im Cottagesystem gipfelnde Privatbau wurden in kurzen Schlagworten charakterisirt, das Gesunde in ihnen ward freudig anerkannt. Nur vor dem nationalen Chauvinismus müsse gewarnt werden, sagte der Redner. Das Deutschthum stelle sich schon von selber ein. Zweckmässigkeit und Schönheit seien die einzigen gesetzgebenden Mächte für den Architekten.

Auch in der Plastik ist man endlich dahin gelangt, den Stil nicht in der äusserlichen Nachahmung des Alterthums zu suchen, und vollends nicht in der Wiederbelebung des

*) *Archeson*, Journal of the Franklin Institute. Septbr. 1893.